

## Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Afet Anında Erişilebilirlik ve Ulaşım Güvenliğinin Değerlendirilmesi: Esenyurt İlçesi Örneği

Sude DIŞKAYA  

<sup>1</sup>Öğr. Gör., İstanbul Esenyurt Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, İstanbul, Türkiye / Lecturer, Istanbul Esenyurt University, Vocational School, İstanbul, Türkiye

### Öz

Bu çalışma, İstanbul'un en yoğun nüfusa sahip ilçesi olan Esenyurt'ta, acil ulaşım yollarının erişilebilirliğini ve ulaşım güvenliğini Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanarak değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) elde edilen nüfus verileri ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve Ulaşım Koordinasyon Merkezi (UKOME) tarafından sağlanan yol ve bina verileri QGIS yazılımında entegre edilerek tek bir CBS veri seti hâline getirilmiş; rota ve izokron analizleri QGIS'e entegre ORS Tools (OpenRouteService) eklentisi aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Analiz kapsamında izokron haritaları oluşturularak, afet anında kesintisiz erişim sağlayabilecek en kısa ve en hızlı güzergâh senaryoları değerlendirilmiştir. Aynı başlangıç ve bitiş noktaları için mesafe temelli "en kısa güzergâh" ve süre temelli "en hızlı güzergâh" olmak üzere iki farklı senaryo üretilmiş ve mekânsal sonuçları karşılaştırılmıştır. En kısa güzergâh 5,5 km uzunluğunda olup tali yollar üzerinden ilerlemektedir. En hızlı güzergâh ise 6,8 km uzunluğunda olup ana arterler üzerinden devam etmektedir. Güzergâhlar mahallelerin tamamını kapsamamakla birlikte, geniş bir nüfusun erişimini etkileyebilecek potansiyele sahiptir. Ayrıca, hastaneler ve kavşak noktaları arasındaki bağlantı sürekliliğini güçlendirmeye yönelik dört ağ müdahale stratejisi senaryo temelli olarak değerlendirilmiştir. Bulgular, mevcut acil ulaşım ağının belirli kesimlerde yetersiz kaldığını ve afet lojistiği kapsamında erişilebilirliğin artırılması amacıyla ilave bağlantı yollarının dâhil edilmesi gerektiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Afet Lojistiği, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), QGIS, Yol Ağı Optimizasyonu

## Evaluation of Accessibility and Transportation Safety During Disasters Using Geographic Information Systems: A Case Study of Esenyurt District

### ABSTRACT

This study aims to evaluate the accessibility and transportation safety of emergency routes in Esenyurt, the most densely populated district of Istanbul, using Geographic Information Systems (GIS). Population data from the Turkish Statistical Institute and road and building data provided by the Istanbul Metropolitan Municipality and the Transportation Coordination Center were integrated into a unified GIS dataset in QGIS. Route and isochrone analyses were conducted using the ORS Tools (OpenRouteService) plugin. Isochrone maps were generated to evaluate the shortest and fastest route scenarios for uninterrupted access during a potential disaster. For the same origin and destination points, two scenarios were produced: a distance-based "shortest route" and a time-based "fastest route," and their spatial outcomes were compared. The shortest route is 5.5 km long and primarily follows secondary streets, whereas the fastest route is 6.8 km and mainly uses arterial roads. Although the routes do not cover entire neighborhoods, they influence access for a substantial population. Additionally, four network intervention strategies were evaluated to strengthen connectivity between hospitals and critical junctions. The findings indicate that the existing emergency transportation network is insufficient in certain areas and that additional connection segments are required to enhance accessibility within the scope of disaster logistics.

**Keywords:** Disaster Logistics, Geographic Information Systems (GIS), QGIS, Road Network Optimization

## 1. GİRİŞ

Afetler, genellikle aniden gelişen, geniş nüfus kitlelerini etkileyen, ciddi can ve mal kayıplarına yol açabilen olaylardır (Avdar ve Avdar, 2022). Başta deprem olmak üzere, afet öncesi hazırlık, afet esnası ve sonrasındaki müdahale süreçlerinin planlı ve koordineli biçimde yürütülmesi, afetlerin etkilerinin azaltılmasını sağlamaktadır (Önsüz ve Işıktekin-Atalay, 2015). Bu süreçlerin bütüncül biçimde ele alınması ise afet yönetimi kapsamında değerlendirilmektedir (Von Lubitz vd., 2008).

Türkiye jeolojik konumu nedeniyle başta deprem olmak üzere çeşitli afet risklerine maruz kalan ülkeler arasında yer almaktadır. 2024 yılı itibarıyla Türkiye'nin toplam nüfusu 85.372.377, İstanbul'un nüfusu ise 15.701.602 kişi olarak açıklanmıştır. Türkiye nüfusunun yaklaşık %18,3'ünü barındıran İstanbul (Türkiye İstatistik Kurumu, 2024), nüfus yoğunluğu ve yapılaşma özellikleri nedeniyle afet planlamasında öncelikli konumdur. İstanbul'un en kalabalık ilçesi olan Esenyurt, resmi verilere göre 978.007 kişilik nüfusuyla birçok ili geride bırakmaktadır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023). Yüksek nüfus yoğunluğu, hızlı kentleşme ve yapılaşma özellikleri, ilçeyi afet yönetimi ve ulaşım planlaması açısından dikkat çeken bir örneklem haline getirmektedir.

Afet yönetimi çalışmalarında, mekânsal verilerin analizine dayalı yöntemlere giderek daha fazla yer verilmektedir (Gerdan, 2018; Jefferson ve Johannes, 2016). Bu bağlamda CBS ve açık kaynaklı yazılımlardan biri olan QGIS, afet risklerinin değerlendirilmesi ve acil durum planlarının geliştirilmesinde yaygın olarak kullanılan karar destek araçları arasında yer almaktadır (Sansare ve Mhaske, 2020). Ancak mevcut çalışmaların büyük bölümü kent ölçeğinde gerçekleştirilmekte, ilçe ve mahalle düzeyinde nüfus yoğunluğu ile acil ulaşım ağlarının birlikte ele alındığı analizler sınırlı kalmaktadır (Bin ve Li, 2021). Bu çalışma, Esenyurt ilçesi örneğinde, acil ulaşım yollarının erişilebilirliğini mahalle ölçekli nüfus verileri ile birlikte değerlendirilerek ilçe düzeyinde mekânsal analiz sunmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda olası bir afet senaryosu altında acil ulaşım güzergâhlarının erişilebilirliği ve performansı CBS tabanlı analizler ile incelenmektedir.

## 2. LİTERATÜR

### 2.1. Coğrafi Bilgi Sistemleri

Coğrafi Bilgi Sistemleri, mekânsal verilerin analiz edilmesi, farklı veri katmanlarının bütüncül biçimde değerlendirilmesi ve bu verilerden anlamlı çıktılar üretilmesi amacıyla kullanılan bir sistemdir (Tecim, 2008). CBS, kentsel ve bölgesel planlama, tarım, orman, jeoloji, savunma, turizm, eğitim, çevre ve sağlık, ulaşım ve lojistik hizmetleri gibi birçok alanda risklerin belirlenmesi, erişilebilirliğin değerlendirilmesi ve müdahale senaryolarının geliştirilmesinde kullanılmaktadır (Kim vd., 2022). Harita tabanlı analizlerin farklı veri katmanlarıyla bütünleştirilmesi ve karmaşık mekânsal ilişkilerin analiz edilmesini sağlayarak rasyonel kararların üretilmesine yardımcı olmaktadır (Avdan ve Alkış, 2011).

Literatürde yer alan çalışmalar, CBS teknolojilerinin hem ulusal hem de uluslararası ölçekte çeşitli uygulamalara konu edildiğini göstermektedir. Verma vd. (2024), CBS uygulamalarının geniş bir yelpazede, özellikle çevresel ve mekânsal analizlerde sunduğu olanakları ele alarak, bu teknolojilerin afet yönetimi başta olmak üzere farklı alanlardaki potansiyeline dikkat çekmiştir. Uzun ve Uzun (2019), CBS tabanlı mekânsal analizlerin coğrafya ve tarih alanlarında yerleşimlerin dağılımını incelemede kullanılabileceğini göstermiştir. Yomralıoğlu ve Akça (1999) ise, Trabzon Değirmendere Havzası üzerinden CBS'nin çevresel ve kentsel planlama çalışmalarında uygulanabilir bir araç olduğunu ele almıştır. Bu farklı uygulama alanlarını kapsayan çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, CBS'nin yalnızca betimsel haritalama ile sınırlı kalmadığı, analiz ve planlama süreçlerini destekleyen bir araç olarak kullanıldığı görülmektedir.

### 2.2. QGIS

QGIS (Quantum Geographic Information System), açık kaynaklı ve ücretsiz bir CBS yazılımıdır. 2002 yılında başlatılan QGIS projesi, küresel bir topluluk tarafından sürekli olarak geliştirilmekte ve desteklenmektedir. Kullanım amaçları arasında coğrafi verileri görselleştirmek, analiz etmek ve yönetmek yer alır. Bu sayede QGIS, kullanıcıların farklı veri formatlarını (shapefile, raster, vb.) sisteme yükleyerek mekânsal analizler

gerçekleştirebilmelerini sağlar. Mesafe ve alan hesaplamaları gibi çeşitli analiz araçlarını bünyesinde barındıran yazılım, profesyonel kalitede harita üretimi ve raporlama süreçlerini de desteklemektedir (QGIS Development Team, 2025).

Literatürde çevresel risk analizi ve ulaşım planlaması alanlarında CBS ve QGIS tabanlı uygulamalar kullanıldığı gözlemlenmiştir. Söz konusu çalışmaların büyük bölümü tesis seçimi, risk haritalama veya genel erişilebilirlik analizleri üzerine yoğunlaşmış; rota optimizasyonu ile nüfus yoğunluğunu birlikte ele alan çalışmalar görece sınırlı kalmıştır. Bu kapsamda Tablo 1’de farklı ölçek ve amaçlarla gerçekleştirilen çalışmalar özetlenmiştir.

Tablo 1. Literatür Özeti

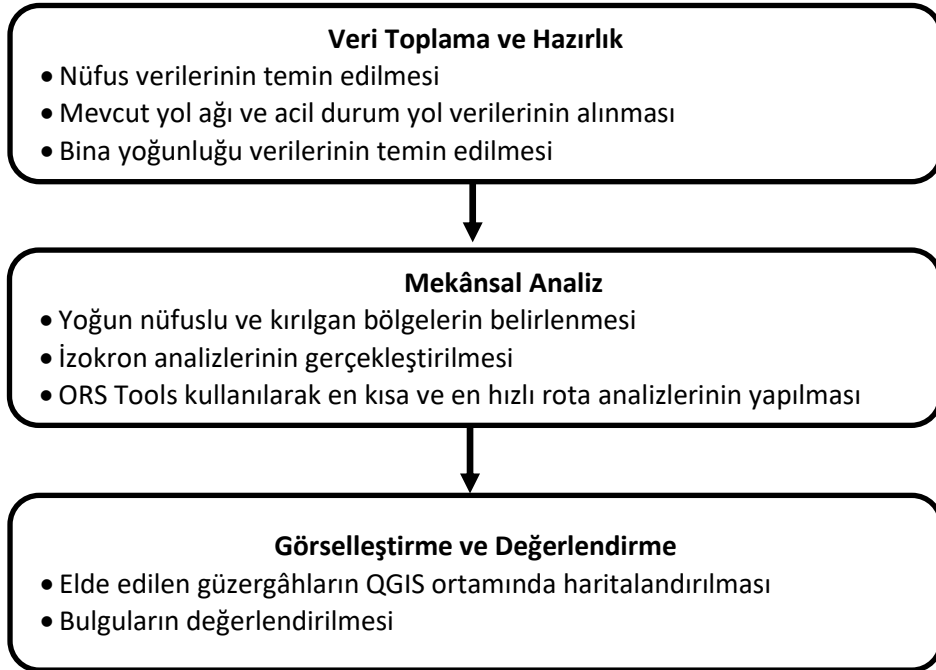
| Yazar/lar                    | Konu                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ajaj vd. (2023)              | Kerkük’te faaliyet gösteren bir çimento fabrikasından kaynaklanan kirleticilerin çevresel etkileri, Python ve QGIS kullanılarak modellenmiş ve analiz edilmiştir. Sonuçlar özellikle yaz aylarında ve kentsel alanlarda kirletici yoğunluğunun arttığını göstermiştir.                                                                                                                                                           |
| Al-Thuwayne vd. (2023)       | Güney Kore örneğinde gerçekleştirilen çalışmada, heyelan tetikleyici yağış eşiklerinin belirlenmesi sürecinde referans yağış istasyonlarının seçimini optimize etmek amacıyla QGIS tabanlı DEWS adlı bir araç geliştirilmiştir. Model sonuçları, gereksiz istasyonların elenmesini sağlayarak daha az sayıda ancak temsil gücü daha yüksek ölçüm noktaları ile verimli bir izleme sistemi oluşturulabileceğini ortaya koymuştur. |
| Atay vd. (2023)              | Çalışma kapsamında Suriye’deki mülteci kamplarına yönelik insani yardım tedarik zincirinin etkinliğini artırmak amacıyla CBS tabanlı yer seçimi analizleri uygulanmıştır. Bulgular doğrultusunda, İdlib ilinde yer alan 31 kampın kapsama alanı içerisinde kalacak şekilde üç lojistik antreponun belirlenmesi önerilmiştir.                                                                                                     |
| Dırama (2020)                | Kırklareli ilinde faaliyet gösteren sulama kooperatiflerinin mevcut yapısı, su iletim altyapısı ve toplam sulama alanı parametreleri incelenmiştir. Analiz sonuçları, mekânsal ve grafiksel gösterimler aracılığıyla anlaşılır ve erişilebilir hale getirilmiştir.                                                                                                                                                               |
| Kaya-Zelzele ve Ergün (2025) | Kilis ilinde afet lojistiği kapsamında lojistik depoların belirlenmesi için CBS tabanlı analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonucunda Musabeyli ilçesinde güvenli ve erişilebilir bir lojistik depo alanı tespit edilmiştir.                                                                                                                                                                                                  |
| Kesik vd. (2024)             | Kastamonu’da engelli bireylerin afet toplanma alanlarına erişimi analiz edilmiş; mesafe temelli değerlendirmede binaların %43,6’sı erişilebilir bulunurken, fiziksel erişilebilirlik kriterleri (eğim, rampa, yol koşulları vb.) dâhil edildiğinde bu oran %17,05’e gerilemiştir.                                                                                                                                                |
| Kim vd. (2022)               | Çalışmada, QGIS yazılımının sağlık alanındaki kullanım biçimlerini değerlendirmek amacıyla 38 akademik makale incelenmiştir. Analiz sonuçları, QGIS’in sağlık durumunu etkileyen çevresel, sosyal ve mekânsal faktörlerin analizinde etkili bir araç olduğunu göstermektedir.                                                                                                                                                    |
| Onyıl ve Ulukavak (2021)     | Çalışmada CBS yazılımlarının, bilimsel araştırmalar ve kamu-özel sektör çalışmalarında veriye dayalı belgeler sunabilmesi avantaj olarak görülürken; bazı yazılımların yüksek lisanslama maliyetlerine sahip olması ve ileri düzey teknik bilgi gerektirmesi dezavantaj olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu sınırlılıkların aşılabilmesi için maliyetlerin azaltılması ve verilen eğitimlerin geliştirilmesi önerilmiştir.    |
| Priyanka vd. (2021)          | Hindistan’da yapılan çalışmada, QGIS ve Google Earth kullanılarak kırsal ulaşım ağının iyileştirilmesine yönelik analizler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda nüfus, trafik akışı, sanayi, tarım alanları ve sanat eserleri gibi faktörler dikkate alınarak üç bağlantı rotası önerilmiş, söz konusu güzergâhlar için asfalt kaplama maliyetleri hesaplanmıştır.                                                                  |
| Sansare ve Mhaske (2020)     | Hindistan’ın Mumbai şehrindeki sel ve toprak kayması riskleri CBS ve QGIS yazılımları ile haritalandırılmıştır. Bu kapsamda yüksek riskli bölgelerin belirlenerek gelecekte yaşanabilecek afet zararlarının azaltılması için kamu kurumları ile sivil toplum kuruluşlarının koordineli müdahalesinin gerekliliği vurgulanmıştır.                                                                                                 |
| Şentürk ve Erener (2017)     | Çalışmada Gölcük ilçesinde olası bir afet senaryosunda geçici barınma alanlarının belirlenmesi için AHP ile ağırlıklandırılan kriterler, ArcGIS, QGIS ve ERDAS yazılımları kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda 243.900 m <sup>2</sup> büyüklüğünde geçici bir barınma alanı tespit edilmiştir.                                                                                                                      |

Özetlenen çalışmalar incelendiğinde, CBS ve QGIS’in ağırlıklı olarak çevresel risk haritalama, tesis seçimi ve genel erişilebilirlik analizlerinde kullanıldığı görülmektedir. Bununla birlikte, ilçe ölçeğinde acil ulaşım ağlarının rota optimizasyonu ve mahalle bazlı nüfus yoğunluğu ile birlikte değerlendirildiği çalışmalar sınırlı

kalmaktadır. Bu çalışma, rota analizi ve izokron yaklaşımını mahalle ölçekli nüfus verileri ile birlikte ele alarak acil ulaşım ağının etki alanını nicel olarak değerlendirmekte ve literatürdeki çalışmalara ilçe ölçeğinde katkı sunmayı amaçlamaktadır.

### 3. YÖNTEM

Araştırmanın yöntemi Şekil 1’de sunulan akış şeması doğrultusunda üç aşamada yürütülmüştür. İlk aşamada TÜİK’ten elde edilen mahalle ölçekli nüfus verileri ile UKOME/İBB kaynaklı yol ağı ve bina yoğunluğu verileri QGIS ortamına aktarılmıştır. Tüm veri katmanları ortak bir koordinat referans sistemine dönüştürülmüş, geometri ve topoloji kontrolleri gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada acil ulaşım ağının erişilebilirliğini değerlendirmek amacıyla QGIS ORS Tools (OpenRouteService) eklentisi kullanılarak ağ tabanlı analizler gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda rota analizinde motorlu araç temelli “driving-car” profili kullanılmıştır. Aynı başlangıç–bitiş noktaları için mesafe temelli “en kısa güzergâh” ve süre temelli “en hızlı güzergâh” senaryoları üretilmiştir. Ayrıca belirlenen süre eşikleri temel alınarak izokron analizleri gerçekleştirilmiş ve erişilebilir alanlar poligon veri yapısından elde edilmiştir. Üçüncü aşamada izokron poligonları ile mahalle sınırları mekânsal olarak ilişkilendirilmiş ve izokron alanı içerisinde yer alan mahalleler belirlenmiştir. Bu mahallelere ait toplam nüfus verileri TÜİK kaynaklı verilerden alınarak toplanmış ve erişilebilir alanla ilişkili nüfus büyüklüğü hesaplanmıştır. Analizler, statik ağ koşullarında yürütülmüştür; gerçek zamanlı trafik yoğunluğu, yol kapasitesi/sinyalizasyon gecikmeleri ve afet anında oluşabilecek ani yol kapanmaları modele doğrudan dâhil edilmemiştir. Bu durum çalışmanın temel sınırlılıkları arasında yer almakta olup, elde edilen “en hızlı ve en kısa güzergâh” çıktıları mevcut ağ koşullarına dayalı karşılaştırmalı bir değerlendirme niteliğindedir.



Şekil 1. Yöntemin Akış Şeması

### 4. VERİ

#### 4.1. Nüfus verileri

Nüfus verileri, TÜİK’in 31 Aralık 2023 tarihli Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi (ADNKS) verilerinden elde edilmiştir. Buna göre Esenyurt ilçesinin toplam nüfusu 978.007 kişidir. Çalışmada mahalle ölçeğinde toplam nüfus değerleri kullanılmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2024). Demografik alt gruplara (65 yaş üzeri nüfus, engelli bireyler, öğrenciler) ilişkin veriler doğrudan analize dahil edilmemiştir. Bunun temel nedeni, söz

konusu demografik verilerin ilçe ve mahalle ölçeğinde CBS uyumlu, güncel ve mekânsal olarak tutarlı veri setleri halinde erişilebilir olmamasıdır.

#### 4.2. Yol verileri

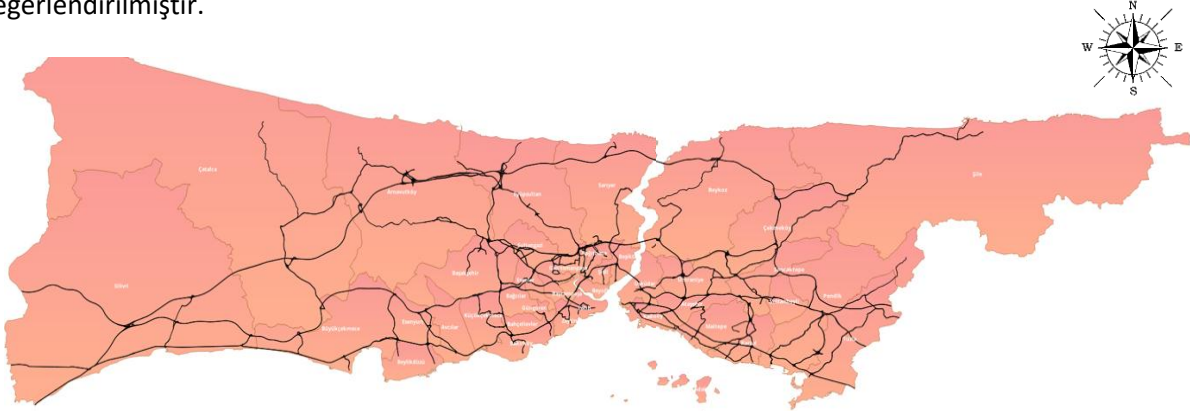
Çalışmada kullanılan genel yol ağı verileri, İstanbul Büyükşehir Belediyesinin açık veri platformundan API formatında temin edilerek QGIS ortamına aktarılmış ve doğruluğu Google Maps üzerinden kontrol edilmiştir. Acil ulaşım ağı ise 15.02.2024 tarih ve 2024/2-1 sayılı İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Koordinasyon Merkezi (UKOME) kararıyla belirlenen 1. Derece Acil Ulaşım Yolları esas alınarak oluşturulmuştur (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2024a). Bu yolların belirlenmesinde; olası afetlerde binaların yola yıkılma ihtimali, yolların yapısal durumu veya diğer beklenmedik durumlar sonucunda kapanma ulaşımına kapanma riski gibi ölçütler dikkate alınmıştır.

#### 4.3. Bina verileri

İlçeye ait bina yoğunluğu verileri İstanbul Büyükşehir Belediyesi Bilgi İşlem Daire Başkanlığı tarafından yayımlanan açık veri setlerinden API formatında temin edilmiştir. Elde edilen bina vektör verileri QGIS ortamına aktarılmış ve yol çevresindeki yapı yoğunluğunu değerlendirmek amacıyla kullanılmıştır (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2024b). Sağlık ve eğitim tesislerine ilişkin noktasal veriler analiz kapsamına dahil edilmemiştir; ancak rota değerlendirmesi yapılırken ana arterlerin sağlık hizmetlerine erişim potansiyeli dikkate alınmıştır.

### 5. BULGULAR

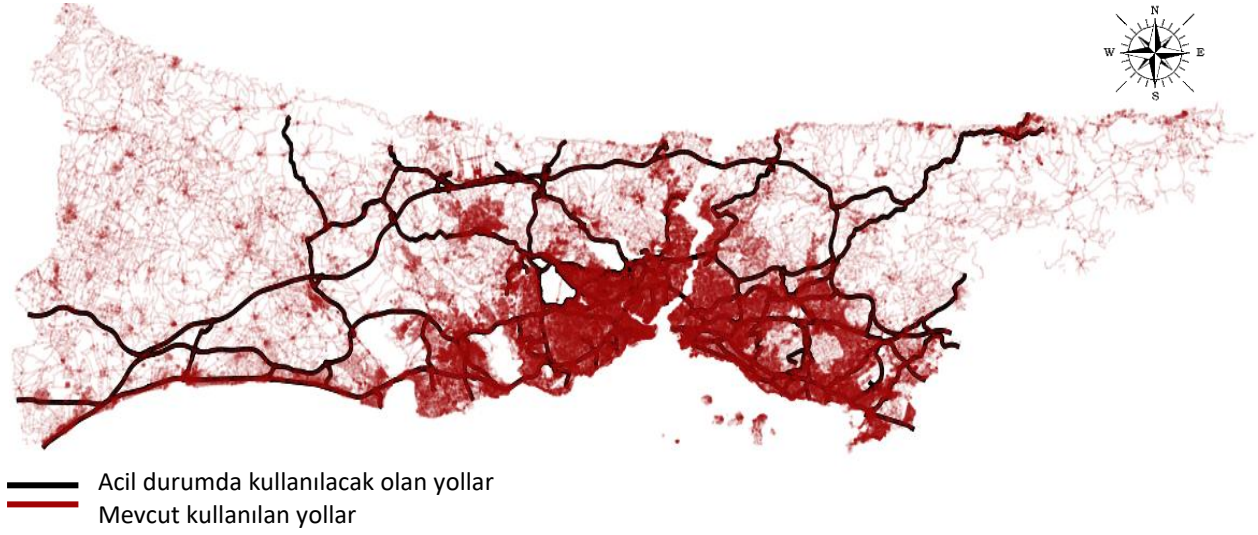
Şekil 2, İstanbul genelinde olası afet ve acil durum senaryoları kapsamında kullanılabilecek ulaşım altyapısını göstermektedir. Şekilde siyah çizgilerle gösterilen yollar, İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) tarafından tanımlanan “Acil Ulaşım Yolları” olup, afet anında müdahale ekiplerinin yönlendirilmesi, tahliye süreçleri ve lojistik destek faaliyetlerinin sürekliliğini sağlamak amacıyla planlanan ana arterlerle uyumlu kara yolu ağını temsil etmektedir. Çalışma kapsamında İstanbul’un doğu ve batı akslarına ilişkin acil durum kara yolu hat bilgisi, afet sonrası müdahaleye erişim düzeylerinin analiz edilmesinde referans veri olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 2. İstanbul İçin Kullanılabilecek Acil Ulaşım Yolları (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2024a)<sup>1</sup>

Şekil 3, İstanbul genelinde mevcut kara yolu ağı ile UKOME tarafından belirlenen 1. Derece Acil Ulaşım Yollarının karşılaştırmalı gösterimini sunmaktadır. Şekilde kırmızı çizgiler İstanbul’da mevcut kullanımda olan yol ağını, siyah çizgiler ise acil durumda kullanılmak üzere tanımlanmış acil ulaşım yollarını temsil etmektedir. Söz konusu yollar, trafik kazaları, doğal afetler ve benzeri olağanüstü durumlar dikkate alınarak yol standartları, erişilebilirlik ve işlevsellik kriterleri temelinde oluşturulmuştur (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2025). Bu karşılaştırmalı gösterim, çalışmanın ilerleyen aşamalarında gerçekleştirilen analizlere altyapı oluşturmak üzere mevcut ulaşım altyapısı ile acil durum ulaşım ağı arasındaki yapısal farklılıkların ortaya konması amacıyla kullanılmıştır.

<sup>1</sup> UKOME kararıyla yolların kapanma risk analizleri, binaların yola yıkılma risk analizleri ve yolların kaliteleri göz önüne alınarak oluşturulan 1. Derece Acil Ulaşım Yolları verisini içermektedir.



Şekil 3. Mevcut Yol Güzergâhı ile Acil Durumda Kullanılacak Olan Yol Güzergâhı Karşılaştırması

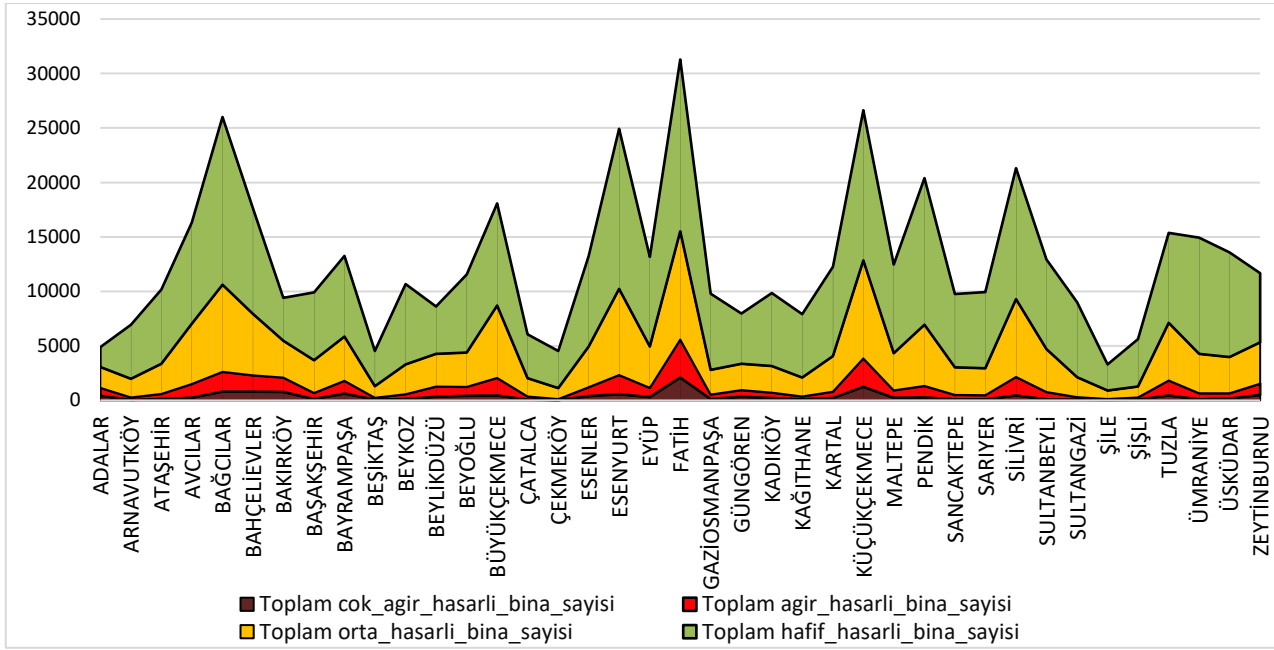
Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülen senaryo çalışmalarına göre, İstanbul'da meydana gelmesi muhtemel 7,5 (Mw) büyüklüğündeki bir depremin, yapı stokunun yaklaşık %43'ünde hasara yol açabileceği öngörülmektedir. Bu oran, yapı stokunun maruz kalabileceği potansiyel hasar düzeyine ilişkin genel bir çerçeve sunarken büyük ölçekli afet sonrası müdahale, tahliye ve lojistik planlamanın gerekliliğini vurgulamaktadır (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, 2025).

Şekil 4, İstanbul genelinde ilçeler bazında tahmin edilen bina hasar dağılımlarını göstermektedir. Şekil kapsamında bina hasarları; çok ağır, ağır, orta ve hafif hasarlı olmak üzere dört ana kategori altında sunulmuş ve ilçeler arası karşılaştırmaya olanak sağlayacak şekilde görselleştirilmiştir. Genel dağılım incelendiğinde, bina hasarlarının büyük bölümünün hafif ve orta hasar kategorilerinde yoğunlaştığı, ağır ve çok ağır hasarlı binaların ise görece daha sınırlı bir paya sahip olduğu görülmektedir.

İlçe bazında değerlendirildiğinde Bağcılar, Fatih, Küçükçekmece ve Esenyurt'ta hafif hasarlı binaların yoğunlukta olduğu görülmektedir. Benzer şekilde orta hasarlı bina dağılımında da Bağcılar, Fatih, Küçükçekmece ve Esenyurt ilçelerinin öne çıkması, bu bölgelerde yapı stokunun bir kısmının kullanım dışı kalma riski taşıyabileceğini düşündürmektedir. Ağır hasarlı bina dağılımı incelendiğinde ise Bağcılar, Bahçelievler, Büyükçekmece, Fatih, Küçükçekmece, Silivri ve Tuzla ilçelerinde görece daha yüksek değerlerin öne çıktığı görülmektedir. Bu durum, söz konusu ilçelerin afet sonrası müdahale, tahliye ve yeniden kullanım süreçlerinde öncelikli planlama alanları arasında yer alması gerektiğine işaret etmektedir.

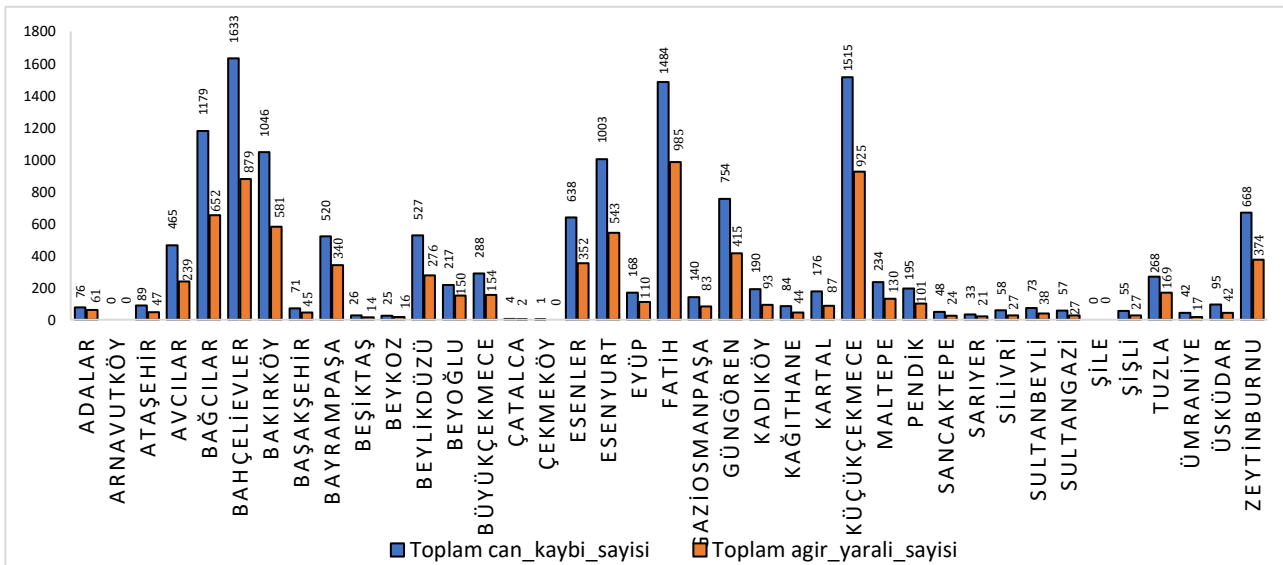
Farklı hasar kategorilerinde birden fazla kez öne çıkan ilçeler arasında yer alan Esenyurt, bina hasarlarının yaygınlığı ve ilçenin nüfus büyüklüğü birlikte değerlendirildiğinde, çalışma kapsamında odak ilçe olarak ele alınmıştır. Esenyurt ilçesindeki yapı stokunun büyük bir bölümünün 1999 Marmara Depremi öncesindeki düzenlemelere göre inşa edilmiş olması, mevcut yapıların güncel düzenlemelere göre değerlendirilmesi gerekliliğini gündeme getirmektedir (Koç, 2006).

Türkiye'de bugüne kadar deprem yönetmelikleri 1947, 1953, 1961, 1968, 1975, 1998, 2007 ve son olarak 2018 yılında (Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği – TBDY 2018) çeşitli değişikliklere uğramış ve yapı güvenliğine ilişkin kurallar kademeli olarak güncellenmiştir (AFAD, 2018). Bununla birlikte afetlere karşı dayanıklılık yalnızca yapı ölçeğinde değil, kentsel ulaşım ağının sürekliliği ve işlevselliği açısından da değerlendirilmelidir. Bu kapsamda, Esenyurt'ta afet sonrası erişilebilirliğin ve ulaşım performansının CBS tabanlı yöntemlerle ele alınması, ilçenin risk profiline ilişkin müdahale ve risk azaltma kapasitesinin değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır.



Şekil 4. İstanbul ilçelerinin Olası Büyük İstanbul Depreminde Muhtemel Etkilenme Durumları

Şekil 5, İstanbul'da meydana gelmesi muhtemel 7,5 (Mw) büyüklüğündeki bir deprem senaryosunda ilçeler bazında tahmin edilen toplam can kaybı ve ağır yaralı sayılarını göstermektedir. Bu tür tahminler, yapı stokunun niteliği, nüfus yoğunluğu ve zemin özellikleri gibi değişkenleri dikkate alan senaryo temelli modellerle dayanmaktadır (So ve Spence, 2013). Bu sayede İstanbul'un ilçeleri arasındaki göreceli risk düzeyleri karşılaştırılabilmektedir. Veriler incelendiğinde, Bahçelievler (1633 can kaybı, 878 ağır yaralı), Küçükçekmece (1515 can kaybı, 925 ağır yaralı), Fatih (1484 can kaybı, 985 ağır yaralı), Bağcılar (1179 can kaybı, 625 ağır yaralı), Bakırköy (1046 can kaybı, 581 ağır yaralı) ve Esenyurt (1003 can kaybı, 543 ağır yaralı) ilçelerinin diğer ilçelere kıyasla daha yüksek kayıp değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bu ilçelerdeki yüksek tahmini kayıplar, yoğun yapılaşma, nüfus büyüklüğü ve yapı stokunun özellikleri ile birlikte değerlendirilebilir. Şekilde, Adalar, Çatalca gibi nüfus yoğunluğu görece düşük olan ilçelerde tahmini kayıpların oldukça sınırlı olduğu görülmektedir. Şile ile Arnavutköy ilçeleri için can kaybı ve ağır yaralı sayısının 0 olarak tahmin edilmesi, deprem senaryosu kapsamında istenen ve diğer ilçeler açısından da ulaşılması hedeflenen bir bulgu niteliği taşımaktadır. Söz konusu bulguların senaryo temelli tahminlere dayandığı ve gerçek kayıpların afet anındaki koşullara bağlı olarak değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 5. Olası Büyük İstanbul Depreminde Yaşanacak Muhtemel Kayıp Sayısı

Esenyurt, yoğun nüfus artışı yaşayan ve yapılaşma dinamikleri hızla değişen bir ilçedir. Tablo 2’de Esenyurt ilçesine bağlı mahallelerin nüfus dağılımları gösterilmektedir. İlçeye ilişkin nüfus verileri, 31 Aralık 2023 itibarıyla, Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü (NVİGM) tarafından Ulusal Adres Veri Tabanı (UAVT) kapsamında güncellenen adres bilgileri esas alınarak hazırlanmıştır. Bu kapsamda ilçenin toplam nüfusu yaklaşık 978.007 kişidir fakat bazı çalışmalarda ilçedeki fiilî nüfusun kayıt dışı göç ve geçici yerleşimler nedeniyle resmî verilerin üzerinde olabileceği belirtilmektedir (Cantemir ve İnceoğlu, 2024). Cinsiyet açısından bakıldığında ise toplam erkek nüfus oranı %51,0; kadın nüfus oranı ise %49 olarak belirtilmiştir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023).

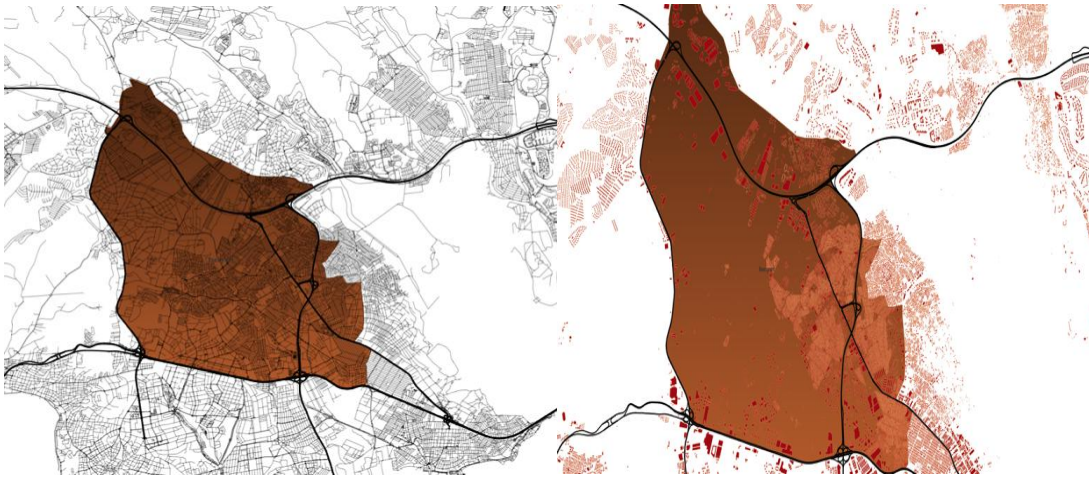
Mahalle ölçeğinde bakıldığında, Pınar (42.031), Mehterçeşme (36.983), Yeşilkent (35.687), Süleymaniye (34.454) ve Bağlarçeşme (31.992) mahallelerinin yüksek nüfus yoğunluğuna sahip olduğu görülmektedir. Buna karşılık Akşemseddin (7.919), Ardıçlı (7.795), Koza (8.744) ve Esenkent (9.493) mahalleleri nüfus büyüklüğü açısından daha düşük değerlere sahiptir. Söz konusu dağılım, Esenyurt ilçesinde nüfusun belirli mahallelerde yoğunlaştığını, dolayısıyla olası bir afet senaryosunda riskin mahalleler arasında farklı düzeylerde ortaya çıkabileceğini göstermektedir. Bu durum, çalışmada yapılan erişilebilirlik ve müdahale değerlendirmelerinde nüfus dağılımının dikkate alınmasının gerekli olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. Esenyurt İlçesi Mahallelerinin Nüfus Dağılımı (Türkiye İstatistik Kurumu, 2024)

| Belediye Adı            | Toplam Kadın | Toplam Erkek | Genel Toplam |
|-------------------------|--------------|--------------|--------------|
| Akçaburgaz              | 12312        | 13407        | 25719        |
| Akevler                 | 5996         | 6269         | 12265        |
| Akşemseddin             | 3804         | 4115         | 7919         |
| Ardıçlı                 | 3850         | 3945         | 7795         |
| Aşık Veysel             | 8316         | 7315         | 15631        |
| Atatürk                 | 7315         | 8212         | 15527        |
| Bağlarçeşme             | 15591        | 16401        | 31992        |
| Balıkyolu               | 14602        | 15249        | 29851        |
| Barbaros Hayrettin Paşa | 13799        | 13668        | 27467        |
| Battalgazi              | 8760         | 9299         | 18059        |
| Cumhuriyet              | 7362         | 6978         | 14340        |
| Çınar                   | 15331        | 16094        | 31425        |
| Esenkent                | 5013         | 4480         | 9493         |
| Fatih                   | 13374        | 14036        | 27410        |
| Gökevler                | 7799         | 7927         | 15726        |
| Güzelyurt               | 8413         | 8864         | 17277        |
| Hürriyet                | 13608        | 14760        | 28368        |
| İncirtepe               | 13409        | 14359        | 27768        |
| İnönü                   | 12867        | 13475        | 26342        |
| İstiklal                | 9230         | 9760         | 18990        |
| Koza                    | 4323         | 4421         | 8744         |
| Mehmet Akif Ersoy       | 12671        | 13253        | 25924        |
| Mehterçeşme             | 18069        | 18914        | 36983        |
| Mevlana                 | 7887         | 6828         | 14715        |
| Namık Kemal             | 11381        | 11784        | 23165        |
| Necip Fazıl Kısakürek   | 9722         | 10569        | 20291        |
| Orhan Gazi              | 8582         | 8668         | 17250        |
| Osmangazi               | 15179        | 15812        | 30991        |
| Örnek                   | 10068        | 10136        | 20204        |
| Pınar                   | 20349        | 21682        | 42031        |
| Piri Reis               | 7775         | 7972         | 15747        |
| Saadetdere              | 11865        | 12178        | 24043        |
| Selahaddin Eyyubi       | 14225        | 15320        | 29545        |
| Sultaniye               | 10372        | 11057        | 21429        |
| Süleymaniye             | 16813        | 17641        | 34454        |

|                     |               |               |               |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
| Şehitler            | 8276          | 8865          | 17141         |
| Talatpaşa           | 13811         | 14538         | 28349         |
| Turgut Özal         | 13718         | 13179         | 26897         |
| Üçevler             | 13297         | 13997         | 27294         |
| Yenikent            | 11567         | 11866         | 23433         |
| Yeşilkent           | 16990         | 18697         | 35687         |
| Yunus Emre          | 11071         | 11603         | 22674         |
| Zafer               | 10020         | 11632         | 21652         |
| <b>Genel Toplam</b> | <b>478782</b> | <b>499225</b> | <b>978007</b> |

Şekil 6’da kahverengi alan Esenyurt ilçesini temsil etmektedir. Haritada ilçedeki mevcut yol altyapısı ile acil durumlarda kullanılmak üzere belirlenen ulaşım güzergâhları birlikte sunulmuştur. Mekânsal dağılım incelendiğinde, acil ulaşım ağının büyük ölçüde sınırlı sayıdaki ana arterler üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. İlçe içindeki tali ve bağlantı yollarının bu ağa entegrasyon düzeyinin görece düşük olması, alternatif erişim seçeneklerini sınırlandırmaktadır. Harita, ulaşım sisteminin koridor-temelli bir kırılgeçirgenlik yapısı sergilediğine işaret etmektedir.



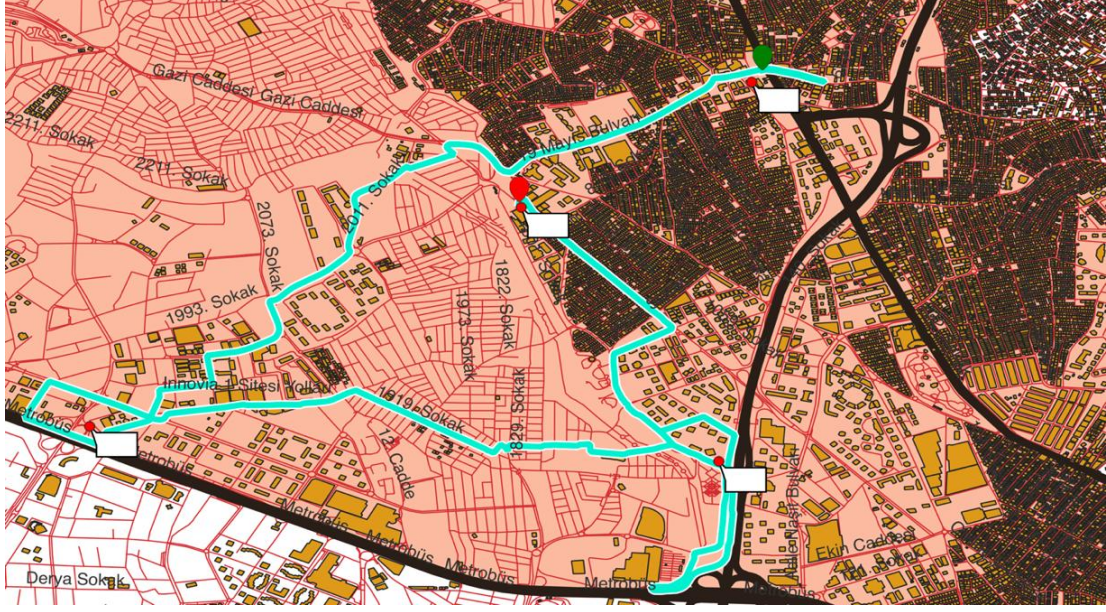
Şekil 6. Esenyurt Ulaşım Haritası ve Acil Durum Yolları Haritası

Rota analizleri, QGIS ortamında ORS Tools (OpenRouteService) eklentisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ağ analizleri, motorlu araç temelli “driving-car” profili üzerinden yürütülmüş; mesafe temelli (shortest path) ve zaman temelli (fastest path) optimizasyon fonksiyonları ayrı ayrı uygulanmıştır. OpenRouteService altyapısı, yol ağı verisi üzerinde Dijkstra/A\* tabanlı algoritmalar kullanarak en kısa ve en hızlı rota hesaplamalarını API üzerinden sunmaktadır (QGIS Development Team, 2025). QGIS ortamı bu servise istemci olarak bağlanarak rota çıktılarının görselleştirilmesini sağlamaktadır. Bu kapsamda Şekil 7’de en kısa yol (mesafe bazlı) ve Şekil 8’de en hızlı yol (zaman bazlı) olmak üzere iki farklı rota senaryosu oluşturulmuştur.

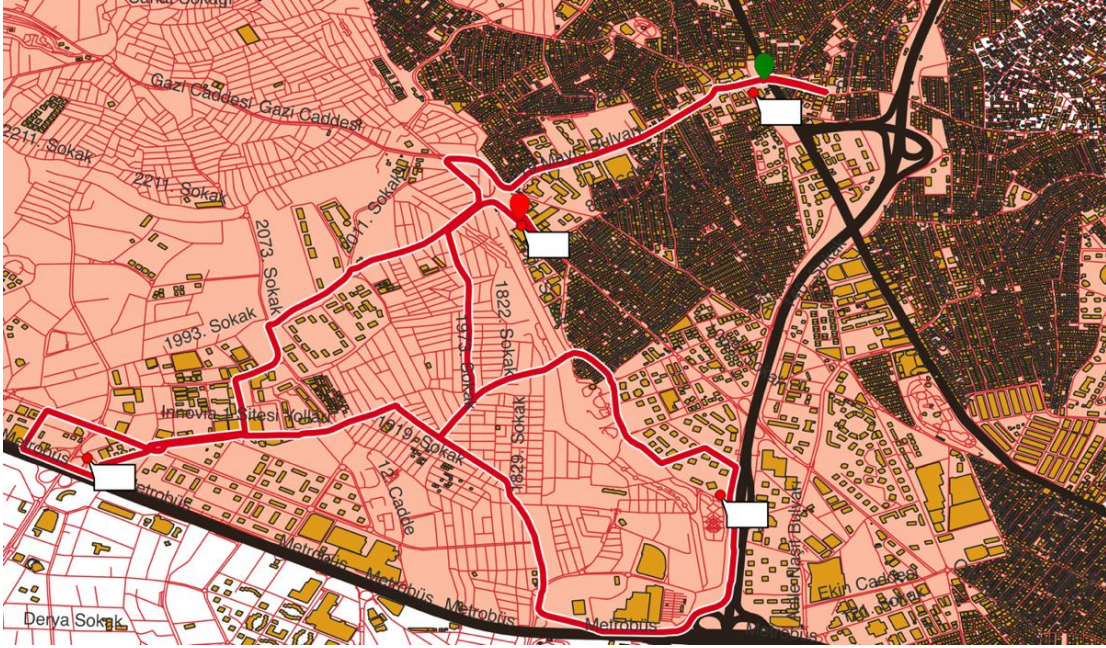
En kısa yol güzergâhı (Şekil 7) yaklaşık 5,5 km uzunluğunda olup, mesafe temelli optimizasyon kriterine göre belirlenmiştir. Harita üzerinde güzergâhın ağırlıklı olarak yerleşim içindeki dar sokaklar ve tali yollar üzerinden ilerlediği görülmektedir. Bu tercih, toplam mesafeyi minimize etmeye yönelik ağ yapısının bir sonucu olup, fiziksel mesafeyi azaltırken afet anında oluşabilecek yol kapanmaları ve enkaz riski açısından görece daha yüksek kırılgeçirgenlik barındırabilir. QGIS ortamında gerçekleştirilen ağ analizi sonucunda elde edilen bu rota, Çınar (31.425), Mehterçeşme (36.983), Pınar (42.031), Bağlarçeşme (31.992), Üçevler (27.294), İnönü (26.342) ve Necip Fazıl Kısakürek (20.291) mahallelerinden geçmektedir. Söz konusu mahallelerin toplam nüfusu 216.358 kişidir.

Buna karşılık en hızlı yol güzergâhı (Şekil 8) yaklaşık 6,8 km uzunluğunda olup süre temelli optimizasyon kriterine göre belirlenmiştir. Güzergâhın ana arterler ve geniş bulvarlar üzerinden ilerlediği görülmektedir. Mesafe bakımından daha uzun olmasına rağmen, daha yüksek hız limitleri, şerit genişliği ve operasyonel süreklilik açısından daha etkin bir alternatif sunmaktadır. Rota; Mehterçeşme, Pınar, İnönü ve Bağlarçeşme

mahallelerinden geçmekte olup bu mahallelerin toplam nüfusu 137.348 kişidir. Bu oran mahallelerin nüfusunu tamamen kapsamamakla birlikte mahallelerin potansiyel nüfus büyüklüğünü göstermektedir.



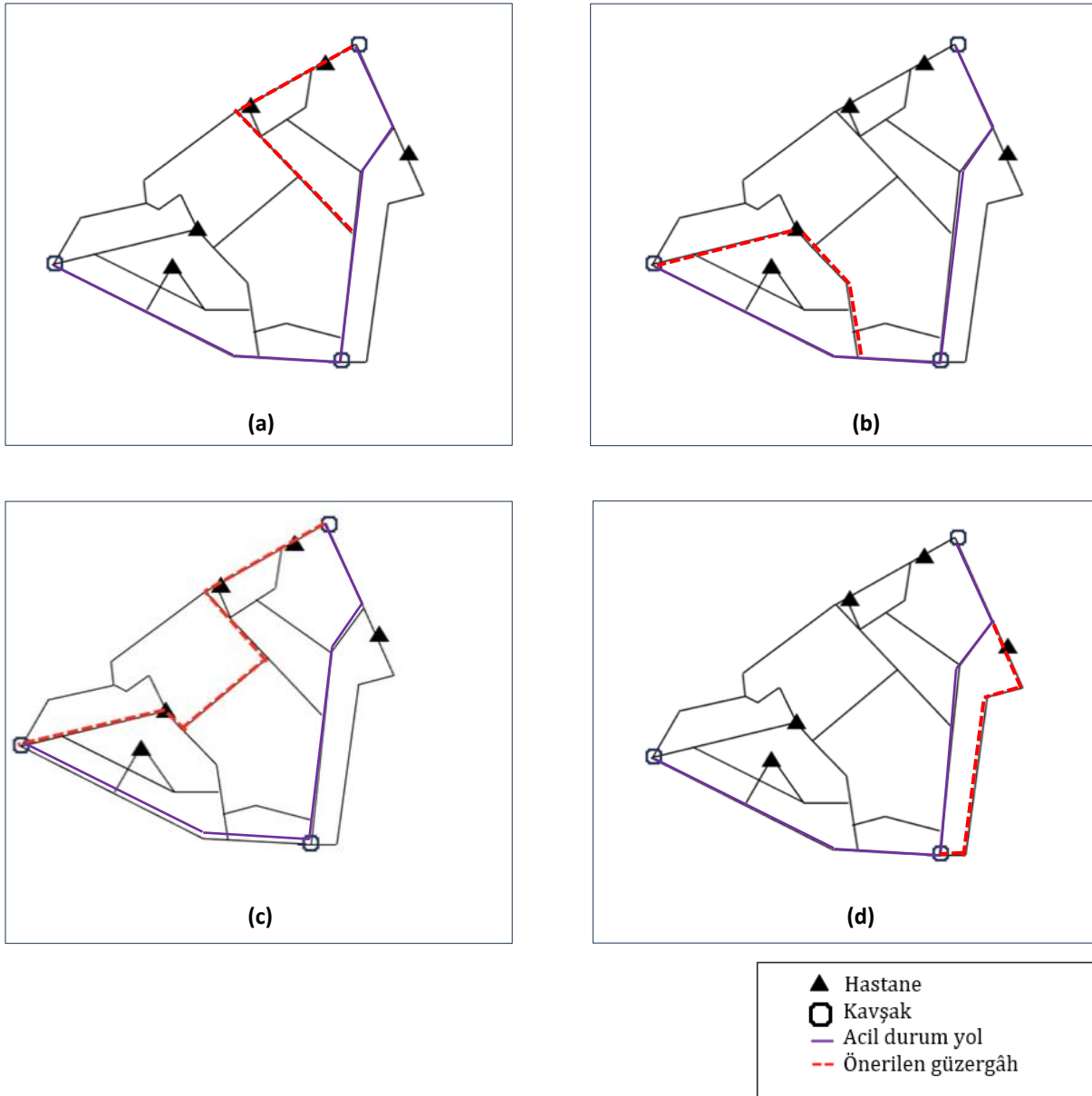
Şekil 7. En kısa yol



Şekil 8. En hızlı yol

Çalışma kapsamında mevcut acil durum ulaşım ağı ve altyapı noktaları (hastaneler ve kavşaklar) temel alınarak erişilebilirlik performansını artırmaya yönelik dört farklı ağ müdahale stratejisi geliştirilmiştir. Stratejiler, izokron analizleri ve rota çıktıları sonucunda belirlenen erişim boşlukları doğrultusunda, özellikle hastaneler ile ana kavşak noktaları arasındaki bağlantı sürekliliğini güçlendirmeye yönelik alternatif güzergâh önerilerini içermektedir. Her stratejide mevcut ağ yapısı korunmuş; ancak müdahale süresinin görece yüksek olduğu kesimlerde hastane erişimini ve kavşak bağlantı sürekliliğini artırmayı hedefleyen yeni bağlantı segmentleri önerilmiştir. Böylece ağ, yalnızca mesafe veya süre optimizasyonu açısından değil, aynı zamanda tesis erişilebilirliği ve bağlantı yedekliliği bakımından da değerlendirilmiştir.

Şekil 9, Esenyurt acil durum ulaşım ağı ve önerilen bağlantı stratejilerini temsil etmektedir. Mevcut ağ yapısına sınırlı uzunlukta bir bağlantı eklenerek hastane–kavşak bağlantısını güçlendirmeye yönelik bir müdahale önerilmiştir (Şekil 9a). Ana arter ile yerleşim içi yollar arasında alternatif bir geçiş hattı oluşturularak bağlantı sürekliliği artırılmıştır (Şekil 9b). Kuzey–güney doğrultusunda yeni bir bağlantı önerilerek ağın yedeklilik kapasitesi desteklenmiştir (Şekil 9c). Ayrıca daha kapsamlı bir bağlantı senaryosu geliştirilerek hastaneler ile kavşak noktaları arasındaki erişilebilirliğin daha dengeli bir mekânsal dağılım göstermesi amaçlanmıştır (Şekil 9d). Bu senaryolar, mevcut ağın performansını karşılaştırmalı biçimde değerlendirmeye ve sınırlı mekânsal müdahalelerin erişilebilirlik göstergeleri üzerindeki potansiyel etkilerini ortaya koymaya olanak sağlamaktadır.



Şekil 9. Esenyurt acil durum ulaşım ağı ve önerilen bağlantı stratejileri: (a) Strateji 1, (b) Strateji 2, (c) Strateji 3 ve (d) Strateji 4

## 6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, İstanbul'un nüfus yoğunluğu en yüksek ilçelerinden biri olan Esenyurt'ta, olası bir afet senaryosu kapsamında acil ulaşım yollarının erişilebilirliğini ve ulaşım güvenliğini CBS tabanlı mekânsal analizlerle değerlendirmiştir. TÜİK mahalle ölçekli nüfus verileri ile UKOME/İBB kaynaklı yol ve bina verileri QGIS

ortamında bütünleştirilmiş; ORS Tools (OpenRouteService) eklentisi aracılığıyla rota ve izokron analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen çıktılar, ilçe ölçeğinde acil ulaşım ağının mekânsal dağılımını, erişim süreleri bakımından hizmet alanlarını ve afet lojistiği açısından operasyonel sürekliliği etkileyebilecek ağ özelliklerini görünür kılmıştır.

Bulgular, Esenyurt'ta acil ulaşım ağının büyük ölçüde sınırlı sayıdaki ana arter üzerinde yoğunlaştığını ve ilçe içindeki tali/bağlantı yollarının bu ağa entegrasyon düzeyinin görece düşük kaldığını göstermektedir. Bu mekânsal yapı, afet anında ana arterlerden birinin kesintiye uğraması durumunda erişilebilirliğin belirgin biçimde azalabileceğine ve ağın koridor-temelli bir kırılmalık gösterebileceğine işaret etmektedir. Bu çerçevede, acil ulaşım ağı yalnızca "mevcut hatların varlığı" üzerinden değil, ağın alternatif bağlantı kapasitesi ve süreklilik özellikleri üzerinden de değerlendirilmelidir.

Rota analizlerinde aynı başlangıç–bitiş noktaları için iki farklı senaryo üretilmiştir. Mesafe temelli en kısa güzergâhın (yaklaşık 5,5 km) ağırlıkla dar sokaklar ve tali yollar üzerinden ilerlemesi, fiziksel mesafeyi azaltmasına karşın afet sonrası enkaz, yol kapanmaları ve dar kesitler nedeniyle operasyonel süreklilik açısından daha kırılmalık bir yapı oluşturabileceğini düşündürmektedir. Süre temelli en hızlı güzergâhın (yaklaşık 6,8 km) ise ana arterler ve geniş bulvarlar üzerinden ilerlemesi, şerit genişliği ve akış sürekliliği gibi unsurlar nedeniyle afet lojistiği açısından daha elverişli bir erişim profili sunmaktadır. Ayrıca rotaların geçtiği mahallelere ilişkin nüfus büyüklükleri (en kısa güzergâh için toplam 216.358 kişi; en hızlı güzergâh için toplam 137.348 kişi) birlikte değerlendirildiğinde, güzergâhların yüksek nüfus yoğunluğu ile ilişkili alanlarda konumlandığı görülmektedir. Bununla birlikte belirtilen nüfus değerleri doğrudan etkilenen nüfusu değil, afet lojistiği açısından potansiyel hizmet talebi oluşturabilecek mekânsal yoğunluğu ifade etmektedir.

İzokron analizleri, belirli süre eşikleri içinde erişilebilen alanların mahalle ölçeğinde homojen dağılmadığını göstermiştir. Bu durum müdahale süresine bağlı erişim farklılıkları ve hizmet alanı boşluklarını görünür hale getirmiştir. Özellikle hastane gibi stratejik alt yapı ve tesislere erişimde yalnızca mesafe/süre çıktıları değil aynı zamanda erişilebilirlik ve ağ sürekliliği konuları birlikte ele alınmalıdır.

Çalışma kapsamında geliştirilen stratejiler, mevcut acil ulaşım ağı korunarak hastaneler ve ana kavşak noktaları arasındaki bağlantı sürekliliğini güçlendirmeyi amaçlayan alternatif bağlantı segmentleri üzerinden kurgulanmıştır. Strateji 1'de sınırlı uzunlukta bir bağlantı ile hastane–kavşak ilişkisi güçlendirilmiş; Strateji 2'de ana arter ile yerleşim içi yollar arasında alternatif bir geçiş hattı oluşturulmuştur. Strateji 3'te kuzey–güney doğrultusunda yeni bir bağlantı önerisiyle ağın yedeklilik kapasitesi desteklenmiş; Strateji 4'te ise daha kapsamlı bir bağlantı senaryosu ile hastaneler ve kavşaklar arasındaki erişilebilirliğin daha dengeli bir mekânsal dağılım göstermesi hedeflenmiştir. Söz konusu senaryolar, mevcut ağın erişilebilirlik açısından karşılaşılabileceği olası etkileri göstermektedir. Bununla birlikte sınırlı müdahalelerle mevcut ağın afet lojistiği açısından tamamlayıcı koridorlarla güçlendirilebileceğine dair bir öneri sunmaktadır.

Çalışma bazı sınırlılıklar içermektedir. Analizler statik ağ koşullarında gerçekleştirilmiş; gerçek zamanlı trafik yoğunluğu, sinyalizasyon gecikmeleri, yol kapasitesi değişimleri ve afet anında oluşabilecek ani yol kapanmaları modele doğrudan dâhil edilmemiştir. Ayrıca demografik kırılmalık göstergeleri (65 yaş üzeri nüfus, engellilik durumu vb.) CBS uyumlu mahalle ölçekli veri kısıtları nedeniyle analiz kapsamına alınamamıştır. Gelecek çalışmalarda dinamik trafik verilerinin entegrasyonu sağlanarak ağ kesilme (network disruption) senaryoları modellenilebilir. Ayrıca çok kriterli karar verme yöntemleri ile risk-duyarlı rota/koridor değerlendirmeleri yapılabilir.

Sonuç olarak, CBS tabanlı rota ve izokron analizleri afet lojistiği ve acil durum ulaşım planlaması için uygulanabilir karar destek aracı niteliği taşımaktadır. Esenyurt örneği üzerinden elde edilen bulgular; acil ulaşım ağının ana arterlere bağımlı yapısını, alternatif bağlantı gereksinimini ve hastane erişimi odaklı ağ müdahalelerinin planlama sürecine nasıl dahil edilebileceğini göstermektedir. Bu yaklaşım, nüfus yoğunluğu yüksek metropol ilçelerde erişilebilirlik performansının değerlendirilmesi ve müdahale kapasitesinin artırılmasına yönelik planlama çalışmalarına aktarılabilir bir çerçeve sunmaktadır.

---

**Etik Beyan / Ethical Statement**

Yazar, bu çalışmanın tüm aşamalarında akademik ve etik kurallara bağlı kaldığını ve kullanılan tüm kaynaklara usulüne uygun atıf yapıldığını beyan eder. / The author declares that academic and ethical standards were strictly followed throughout all stages of this study, and all utilized sources have been appropriately cited.

**Etik Kurul Onayı / Ethical Approval**

Yazar, bu çalışmanın etik kurul izni gerektirmediğini beyan eder. / The author declares that this study does not require ethics committee approval.

**Çıkar Çatışması / Conflict of Interest**

Yazar, bu çalışmayla ilgili herhangi bir çıkar çatışmasının bulunmadığını beyan eder. / The author declares that there is no conflict of interest regarding this study.

**Yapay Zekâ Beyanı / AI Declaration**

Yazar, bu çalışmanın hazırlanma sürecinde herhangi bir üretken yapay zekâ veya yapay zekâ destekli araç kullanılmadığını ve tüm içeriğin akademik etik ilkeler doğrultusunda kendisi tarafından üretildiğini beyan eder. / The author declares that no generative AI or AI-assisted tools were used in the preparation of this manuscript and that all content was produced by the author in accordance with the principles of academic integrity.

---

## KAYNAKLAR

- Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). (2018). Türkiye bina deprem yönetmeliği. Resmî Gazete (18 Mart 2018, Sayı: 30364).
- Ajaj, Q. M., Shafri, H. Z. M., Wayayok, A., and Ramli, M. F. (2023). Assessing the impact of Kirkuk cement plant emissions on land cover by modelling gaussian plume with Python and QGIS. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 26(1), 1–16. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2022.12.001>
- Al-Thuwaynee, O. F., Melillo, M., Gariano, S. L., Park, H. J., Kim, S.-W., Lombardo, L., Hader, P., Mohajane, M., Quevedo, R. P., and Catani, F. (2023). DEWS: A QGIS tool pack for the automatic selection of reference rain gauges for landslide-triggering rainfall thresholds. *Environmental Modelling and Software*, 162, 105657. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2023.105657>
- Atay, M., Alhamad, M., Çetinkaya, C., and Seçiner, S. (2023). Suriye mülteci kamplarının ve insani yardım depo konumlarının coğrafi bilgi sistemi (CBS) ve doğrusal programlama ile modellenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 38(3), 633–645. <https://doi.org/10.21605/cukurovaumfd.1377216>
- Avdan, U., Alkış, A. (2011). Doğal afetlere yönelik bütünleşik konumsal veri tabanı modelinin geliştirilmesi. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 3(1), 17–26.
- Avdar, R., and Avdar, R. (2022). Türkiye’de yaşanan doğa kaynaklı afetlerin sosyo-ekonomik etkileri. *Afet ve Risk Dergisi*, 5(1), 1–12.
- Bin, Y., and Li, Y. (2021). Rapid and auxiliary decision system of earthquake emergency based on QGIS. In 2021 International Conference on Information Technology and Biomedical Engineering (ICITBE). <https://doi.org/10.1109/ICITBE54178.2021.00042>
- Cantemir, E., and İnceoğlu, M. (2024). Esenyurt Cumhuriyet Meydanı’nın kalite açısından değerlendirilmesi. 10th International EMI Entrepreneurship and Social Sciences Congress, Romanya.
- Dırma, A. (2020). Özgür coğrafi bilgi sistemi (CBS) yazılımları ile sulama kooperatifleri için veritabanı oluşturulması: Kırklareli ili örneği [Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Gerdan, S. (2018). GIS-based decision-support system applications in disaster management. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 25(3), 961–979. <https://doi.org/10.18657/yonveek.306383>
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2024a). 1. derece acil ulaşım yolları verisi. Ulasav Açık Veri Platformu. <https://ulasav.csb.gov.tr/dataset/34-1-derece-acil-ulasim-yollari-verisi> (Erişim tarihi: 24 Eylül 2025).
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2024b). 34 Dakika İstanbul yaşam kalitesi indeksi. Ulasav Açık Veri Platformu. <https://ulasav.csb.gov.tr/dataset/34-34-dakika-istanbul-yasam-kalitesi-indeksi> (Erişim tarihi: 24 Eylül 2025).
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi. (2025). Olası kayıp tahminleri – ilçe kitapçıkları. <https://deprezmemin.ibb.istanbul/tr/olasi-deprem-kayip-tahminleri-ilce-kitapcıkları> (Son Erişim Tarihi: 24 Eylül 2025).
- Jefferson, T. L., and Johannes, T. W. (2016). Using geographic information systems to support decision making in disaster response. *Intelligent Decision Technologies*, 10(2), 193-207. <https://doi.org/10.3233/IDT-160255>
- Kaya-Zelzele, B., and Ergün, M. (2025). Afet lojistiği kapsamında CBS ile depo yeri belirleme: Kilis ili örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 11(1), 14–33. <https://doi.org/10.21324/dacd.1438317>
- Kesik, O. A., Taştan, B., and Azgın, T. (2024). Engellilerin afet toplanma alanlarına erişebilirliğinin ağ analizi yöntemiyle belirlenmesi: Kastamonu il merkezi örneği. *Menba Kastamonu Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 10(1), 13–27.

- Kim, J., Kim, D. H., Lee, J., Cheon, Y., and Yoo, S. (2022). A scoping review of qualitative geographic information systems in studies addressing health issues. *Social Science and Medicine*, 314, 115472. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2022.115472>
- Koç, M. (2006). Jeofizik yöntemlerle Avcılar Esenyurt (İstanbul) arasındaki alanın yerleşime uygunluğunun değerlendirilmesi. [Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi]. YÖK Ulusal Tez Merkezi. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>
- Onyıl, H. İ., and Ulukavak, M. (2021). Açık kaynak kodlu yazılımlarla alternatif web tabanlı mobil mekânsal veri toplama arayüzü geliştirilmesi. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 6(2), 111–120. <https://doi.org/10.46578/humder.892840>
- Önsüz, M. F., and Işıktekin-Atalay, B. (2015). Afet lojistiği. *Osmangazi Tıp Dergisi*, 37(3), 1–6. <https://doi.org/10.20515/otd.45606>
- Priyanka, M. L. L., Padmakar, M., and Barhmaiah, B. (2021). Establishing the need for rural road development using QGIS and its estimation. *Materials Today: Proceedings*, 37, 2228–2232. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.658>
- QGIS Development Team. (2025). QGIS geographic information system: overview. <https://qgis.org/project/overview/> (Son Erişim Tarihi: 23 Eylül 2025).
- Sansare, D. A., and Mhaske, S. Y. (2020). Natural hazard assessment and mapping using remote sensing and QGIS tools for Mumbai city, India. *Natural Hazards*, 100(3), 1117–1136. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03852-5>
- So, E., and Spence, R. (2013). Estimating shaking-induced casualties and building damage for global earthquake events: a proposed modelling approach. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 11(1), 347–363. <https://doi.org/10.1007/s10518-012-9373-8>
- Şentürk, E., and Erener, A. (2017). Determination of temporary shelter areas in natural disasters by gis: A case study, Gölcük/Turkey. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 2(3), 84–90. <https://doi.org/10.26833/ijeg.317314>
- Tecim, V. (2008). Coğrafi bilgi sistemleri: Harita tabanlı bilgi yönetimi. Renk Form Ofset Matbaacılık.
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2023). Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları, 2023. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2023-49684> (Son Erişim Tarihi: 24 Eylül 2025).
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2024). Adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçları, 2024. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Adrese-Dayali-Nufus-Kayit-Sistemi-Sonuclari-2024-53783> (Son Erişim Tarihi: 24 Eylül 2025).
- Uzun, E., and Uzun, P. D. (2019). Antep Savunması'nın Gaziantep ili yerleşme adları üzerindeki etkisi ve bu etkinin coğrafi bilgi sistemleri tabanlı mekânsal analizi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (72), 7–12.
- Verma, S., Mehta, D., Pandey, A., Malani, S. R., and Pandey, R. (2024). Flood Hazard: A QGIS plugin for assessing flood consequences. *Journal of Water Management Modeling*. <https://doi.org/10.14796/JWMM.C529>
- Von Lubitz, D. K., Beakley, J. E., and Patricelli, F. (2008). 'All hazards approach' to disaster management: The role of information and knowledge management, Boyd's OODA Loop, and network-centricity. *Disasters*, 32(4), 561–585. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2008.01055.x>
- Yomralioğlu, T., Akça, M. D. (1999). Çevresel bilgi sistemleri için model altlık tasarımı: Trabzon - Değirmendere Havzası örneği. *Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu, Trabzon, Türkiye*.